

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-170355

(43)Date of publication of application : 26.06.1998

(51)Int.Cl.

G01L 1/12
// G01R 33/02

(21)Application number : 08-326360

(71)Applicant : KAGAKU GIJUTSU SHINKO JIGYODAN

(22)Date of filing : 06.12.1996

(72)Inventor : MORI KANEO

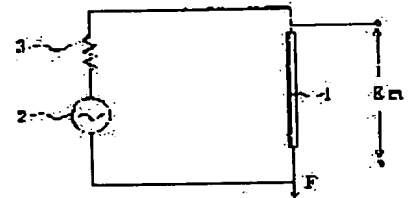
(54) HIGH-SENSITIVITY STRESS DETECTING APPARATUS

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To make it possible to microminiaturize and sensitize a dynamic-force-sensor head, and to accelerate its response by a method wherein, in a state that an AC current is electrified to a magnetic substance, the impedance of the magnetic substance is changed with reference to a stress and a gage factor is increased.

SOLUTION: An amorphous wire which is created by a rotation underwater rapid quenching method is drawn, it is heated at about 475° C for about two minutes in a state that tension is applied, it is quenched at room temperature, and an amorphous wire 1 is obtained. The amorphous wire has a diameter of about 30μm and a length of about 20mm, it is composed of Co_{72.5}Si_{12.5}B₁₅, and it has a magnetostrictive value of about -3×10^{-6} . A sine-wave AC power supply 2 is connected to the wire, and a current at a constant amplitude is made to flow through an internal resistor 3. For example, a current at a frequency of about 20MHz and at an amplitude of about 20mA is made to flow from the sine-wave AC power supply 2, and a tension F of, e.g. 13MPa is applied to the amorphous wire 1.

Then, the amplitude of a voltage E_m across both ends of the wire is reduced by about 20%, and a strain gage factor is increased to about 1286. Therefore, it is possible to obtain a sensor head whose speed can be made fast and whose sensitivity can be made high.



THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-170355

(43) 公開日 平成10年(1998) 6月26日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

FI

G 0 1 L 1/12

G 0 1 L 1/12

// G 0 1 R 33/02

G 0 1 R 33/02

D

審査請求 未請求 請求項の数11 OL (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平8-326360

(22) 出願日 平成8年(1996)12月6日

(71) 出願人 396020800

科学技術振興事業団

埼玉県川口市本町4丁目1番8号

(72) 発明者 毛利 佳年雄

愛知県名古屋市天白区天白町大字島田黒石

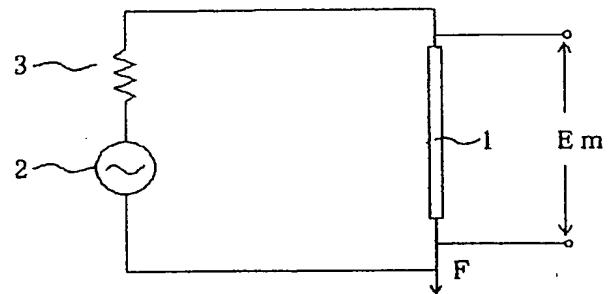
3911-3

(74) 代理人 弁理士 清水 守

(54) 【発明の名称】 高感度応力検出装置

(57) 【要約】

【課題】 ゲージ率が高く、応力に対して敏感に反応することができる高感度応力検出装置を提供する。

【解決手段】 負磁歪の $\text{Co}_{72.5}\text{Si}_{12.5}\text{B}_{15}$ アモルファスワイヤ（直径 $30\mu\text{m}$ 、長さ 20mm 、回転水中超急冷法で作製した直径 $130\mu\text{m}$ のアモルファスワイヤを線引きした後、 $4\text{kg}/\text{mm}^2$ の張力を与えた状態で、 475°C 、2分の加熱後、室温へ急冷させたアモルファスワイヤ、磁歪 $= -3 \times 10^{-6}$ ）1 に正弦波交流電源 2 を接続する。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 磁性体に交流電流を通電した状態で応力に対して前記磁性体のインピーダンスを変化させ、ゲージ率を300以上としたことを特徴とする高感度応力検出装置。

【請求項2】 請求項1記載の高感度応力検出装置において、前記交流電流は高周波電流またはパルス電流である高感度応力検出装置。

【請求項3】 請求項1記載の高感度応力検出装置において、前記応力は張力や圧縮力、トルクまたは衝撃力である高感度応力検出装置。

【請求項4】 請求項1記載の高感度応力検出装置において、前記磁性体として、アモルファス磁性体を用いることを特徴とする高感度応力検出装置。

【請求項5】 請求項4記載の高感度応力検出装置において、前記磁性体として負の磁歪をもつアモルファス磁性体を用いることを特徴とする高感度応力検出装置。

【請求項6】 請求項4記載の高感度応力検出装置において、前記磁性体として応力下加熱・冷却処理を施したアモルファス磁性体を用いることを特徴とする高感度応力検出装置。

【請求項7】 請求項4記載の高感度応力検出装置において、前記アモルファス磁性体として、アモルファス磁歪リボン、アモルファススパッタ磁歪厚膜、又はアモルファスメッキ磁歪膜を用いることを特徴とする高感度応力検出装置。

【請求項8】 請求項4記載の高感度応力検出装置において、前記アモルファス磁性体として、アモルファスワイヤを用いることを特徴とする高感度応力検出装置。

【請求項9】 請求項8記載の高感度応力検出装置において、前記アモルファスワイヤは、直径が100 μ m以下であることを特徴とする高感度応力検出装置。

【請求項10】 請求項1記載の高感度応力検出装置において、前記交流電流として、半導体発振回路の電流を用いることを特徴とする高感度応力検出装置。

【請求項11】 請求項10記載の高感度応力検出装置において、前記半導体発振回路として、CMOSマルチバイブレータ回路を用いることを特徴とする高感度応力検出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、応力を検出する高感度のマイクロセンサや応力で動作する計測、制御用の高感度応力検出素子（高感度応力検出装置）に関する。詳しくは、工業用ロボットの触覚センサをはじめ、工業計測用、家電用、科学計測用、オートメーション用などの張力センサ、圧力センサ、トルクセンサ、歪みゲージ、ノックセンサ、タッチセンサ、霜センサ、地震センサ、重力センサ、音響センサ、流量センサ、風速センサ、ロードセルなどの広範囲のマイクロ応力センサやマ

イクロ応力スイッチに関するものである。

【0002】

【従来の技術】 工業用ロボットや自動車・交通システム、メカトロニクス、パワーエレクトロニクス、工場自動化システム、家電機器、コンピュータ・情報・オフィスオートメーション機器、医療福祉機器、防災・環境計測システムなど、社会のあらゆる分野における情報化・知能化・自動化システムをさらに高度化するためには、種々の高性能のマイクロ力学量センサやマイクロ力学量スイッチデバイスが必要である。

【0003】 力学量は、変位・距離、回転角、速度、加速度、振動などの物体の移動に伴う量や、張力、圧縮力・圧力、回転力（トルク）、衝撃力などの応力に伴う量であり、磁性体、半導体、誘電体などの材料を用いた種々の力学量センサが使用されている。この中で、コイルや磁性体を用いた力学量センサは、磁力線（磁界）を媒介とした非接触センシングや放射線、比較的高温の環境下でも安定に動作する高信頼性などの特徴を有するため、ロータリエンコーダ、自動車の速度センサ、加速度センサ、方位センサ、差動変圧器形変位センサ、ソレノイド形変位センサ・圧力センサ、磁気スケール、リードスイッチなどの耐環境性に優れたメカトロニクス用や工業計測制御用のセンサやスイッチとして広範に使用されている。また、磁気式トルクセンサも種々開発されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、これらの従来の磁気式力学量センサやスイッチなどは、一般に磁芯と多数回巻きコイルを有すること、およびコイル励磁では磁芯内の反磁界のため、半導体や誘電体を用いたセンサに比してマイクロ寸法化が困難であった。本願発明者は、既に磁気-インピーダンス効果素子（MI素子）を提案している（例えば、特開平7-181239号公報参照）。

【0005】 このMI効果は、アモルファスワイヤなどの高透磁率磁性体に高周波電流やパルス電流を通電して表皮効果を生じさせた状態で、外部磁界により磁性体のインピーダンスを敏感に変化させるようにしたものである。このMI効果では、磁性体内部に反磁界がほとんど発生しないので、フラックスゲートセンサと異なり、磁性体の長さを1mm以下に短縮しても、磁界検出感度が劣化せず、マイクロ寸法の高感度・高速応答の磁界センサが構成できる。

【0006】 本発明は、MI効果では磁性体ヘッドのインピーダンスの大きさが励磁角周波数 ω と通電電流と直角方向の透磁率 μ との積の平方根 $\sqrt{\omega\mu}$ に比例し、透磁率 μ が外部磁界によって変化することを見出した。この原理をさらに展開し、磁性体として磁歪材を用いて応力-磁気効果により透磁率 μ を応力 σ によって変化させれば、高感度のマイクロ応力センサが構成できることを

10

20

30

40

50

直感した。

【0007】そこで、強靱弾性体であるアモルファス磁歪ワイヤを用いて実験を行い、予測通りのゲージ率が200～1300に達する優れた結果を得たものである。この場合、アモルファスワイヤに比較的強い応力を印加してアニールを施し、異方性エネルギーを高めれば、地磁気程度の外乱磁界によって透磁率 μ が変化することなく、応力のみをインピーダンスの変化として検出するロバスト性が実現される。

【0008】また、既に、特開平8-128904号公報において、同様にアモルファスワイヤによって応力の検出ができることが実施例に示されているが、そのゲージ率は63程度であり、従来の半導体ストレンゲージのゲージ率約200より低く、1/3程度であり、高感度応力測定法とは言いがたい。本発明は、従来の磁性体センサと異なる新原理によって、力学量センサヘッドのマイクロ化および高感度・高速応答化を実現することができる高感度応力検出装置を提供することを目的とする。

【0009】本発明は、上記問題点を除去し、力学量センサヘッドのマイクロ化および高感度・高速応答化を実現することができる、つまり、ゲージ率が高く、応力に対して敏感に反応することができる高感度応力検出装置を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記目的を達成するために、

〔1〕高感度応力検出装置であって、磁性体に交流電流を通電した状態で、応力に対して、前記磁性体のインピーダンスを変化させ、ゲージ率を300以上としたものである。

【0011】〔2〕上記〔1〕記載の高感度応力検出装置において、前記交流電流として、高周波電流またはパルス電流を用いるようにしたものである。

〔3〕上記〔1〕記載の高感度応力検出装置において、前記応力は張力や圧縮力、トルクまたは衝撃力である。

〔4〕上記〔1〕記載の高感度応力検出装置において、前記磁性体として、アモルファス磁性体を用いるようにしたものである。

【0012】〔5〕上記〔4〕記載の高感度応力検出装置において、前記磁性体として、負の磁歪をもつアモルファス磁性体を用いるようにしたものである。

〔6〕上記〔4〕記載の高感度応力検出装置において、前記磁性体として、応力下加熱・冷却処理を施したアモルファス磁性体を用いるようにしたものである。

【0013】〔7〕上記〔4〕記載の高感度応力検出装置において、前記アモルファス磁性体として、アモルファス磁歪リボン、アモルファススパッタ磁歪厚膜、又はアモルファスメッキ磁歪膜を用いるようにしたものである。

〔8〕上記〔4〕記載の高感度応力検出装置において、

前記アモルファス磁性体として、アモルファスワイヤを用いるようにしたものである。

【0014】〔9〕上記〔8〕記載の高感度応力検出装置において、前記アモルファスワイヤは直径が100 μ m以下である。

〔10〕上記〔1〕記載の高感度応力検出装置において、前記交流電流として、半導体発振回路の電流を用いるようにしたものである。

〔11〕上記〔10〕記載の高感度応力検出装置において、前記半導体発振回路として、CMOSマルチバイブレータ回路を用いるようにしたものである。

【0015】上記のように構成したので、本発明によれば、種々の高感度・高速応答のマイクロ寸法応力センサが構成され、従来検出が困難であった微小な張力、圧縮力、圧力、トルク、衝撃力、気体や液体の流速、流量、衝撃波、地震波、重力分布、機械振動などを容易に検出することができる。特に、アモルファス磁歪リボンやアモルファススパッタ磁歪厚膜、アモルファスメッキ磁歪膜などでも、表皮効果を生じさせることにより、顕著に応力検出を行うことができる。

【0016】また、このSI素子をCMOSマルチバイブレータなどの半導体回路と組み合わせ、ハイブリッド集積回路(HIC)技術などでチップ化し、人やロボットの腕、手、指関節などに固定することにより、パーソナルリアリティ(VR)や義手の高性能化、自立ロボットの構成などの多くの先端メカニカル技術が飛躍的に発展すると考えられる。

【0017】更に、アモルファス磁歪ワイヤで人工触覚センサなどのマイクロ応力センサを構成して、マイクロマシンに結合させることにより、これまでの自立性のなかったマイクロマシンの知能化を実現し、人工昆虫などの新技術に貢献することができる。

【0018】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面を参照しながら説明する。

〔実施例1〕図1は本発明の第1実施例を示す高感度応力検出装置とその回路図、図2はその高感度応力検出装置の応力による電圧振幅変化の周波数特性図(その1)である。

【0019】図1において、1は負磁歪の $\text{Co}_{72.5}\text{Si}_{12.5}\text{B}_{15}$ アモルファスワイヤ(直径30 μ m、長さ20mm、回転水中超急冷法で作製した直径130 μ mのアモルファスワイヤを線引きした後、4kg/mm²の張力を与えた状態で、475℃、2分の加熱後、室温へ急冷させたアモルファスワイヤ、磁歪 $=-3\times 10^{-6}$)であり、このアモルファスワイヤ1に正弦波交流電源2を接続する。なお、3は交流電流の振幅を一定に保つ内部抵抗である。

【0020】図2は、そのアモルファスワイヤ1に張力を印加し、正弦波交流電源2より、周波数f、振幅15

10

20

30

40

50

mAの正弦波交流電流を通電させた時のワイヤ両端間の電圧の振幅 E_m の測定結果である。この図から明らかなように、アモルファスワイヤ1に約 6 kg/mm^2 (60 MPa (メガパスカル))の張力 F を印加すると、周波数 f が 50 kHz から 1 MHz の周波数範囲でアモルファスワイヤ1の両端間電圧の振幅 E_m は上昇し、 1 MHz から約 20 MHz の範囲では減少した。 50 kHz 以上ではアモルファスワイヤ1両端間電圧の振幅 E_m は周波数 f の増加とともに増加しており、アモルファスワイヤ1に表皮効果が現れていることが分かる。

【0021】図3は本発明の第1実施例で示す高感度応力検出装置の $f=400\text{ kHz}$ および 20 MHz における応力による電圧振幅変化(その2)を示す図である。この実施例では、図2で用いた CoSiB アモルファスワイヤ及び正磁歪をもつ($\text{Fe}_{0.5}\text{Co}_{0.5}$) $_{72.5}\text{Si}_{12.5}\text{B}_{15}$ 、直径 $30\text{ }\mu\text{m}$ 、長さ 20 mm 、磁歪 $=5\times 10^{-6}$)アモルファスワイヤに 400 kHz 及び 20 MHz 、振幅 20 mA の正弦波電流を通電し、引っ張り荷重 W を印加した場合のワイヤ両端間電圧の振幅 E_m の変化率を測定した結果である。

【0022】 $f=20\text{ MHz}$ の場合、 CoSiB ワイヤでは、 1 g の荷重(13 MPa の張力)で、上記ワイヤ両端間電圧の振幅 E_m が 20% 減少している。 CoSiB アモルファスワイヤは最大抗張力 306 MPa 、最大歪み(伸び率) 3.4% であるので、その歪みゲージ率(電磁気量の変化率/伸び率)は 1286 となる。これは従来の最高感度をもつ半導体歪みゲージのゲージ率約 200 の約 6.5 倍の極めて高い値である。 FeCoSiB ワイヤでも、ゲージ率は約 400 であり、張力アニールを施した細いアモルファスワイヤは、著しく高いゲージ率を示すことが分かる。

【0023】図4は図3で用いたアモルファスワイヤの電圧がワイヤ長さ方向の外乱直流磁界で受ける影響を調べた結果を示す図であり、図4(a)は FeCoSiB ワイヤ、図4(b)は CoSiB ワイヤの場合である。図4(a)に示すように、 FeCoSiB ワイヤは ± 2 エルステッド(Oe)の磁界に対しては、その影響は略零である。

【0024】また、図4(b)に示すように、 CoSiB ワイヤは、張力零で微小な磁界でも影響を受けるが、 10 MPa のバイアス張力を与えれば、 $\pm 10\text{ Oe}$ の磁界では、ほとんど影響を受けない。したがって、地磁気(約 0.3 Oe)程度の磁界の影響は受けないことが分かった。

【実施例2】図5は本発明の第2実施例を示すパルス通電における CoSiB アモルファスワイヤ電圧の張力特性図である。

【0025】ここで、パルス電流は、パルス発生電源を用い、高さ 40 mA 、幅 7.2 ナノ秒(ns)、繰り返し周波数 100 kHz を与えた。アモルファスワイヤ両

端間の誘起パルス電圧の高さ E は、 1 g の荷重で 10% の減少を示した。この範囲は、ゲージ率は図3の場合より小さいが、約 640 であり、半導体ストレインゲージのゲージ率の3倍強である。

【0026】この実施例から明らかなように、鋭いパルス電流を印加することにより、高周波正弦波電流を通電した場合と同様に表皮効果が生じて、応力インピーダンス効果(SI効果)が敏感に発生することが分かった。パルス電流は多くの高調波を含むが、正弦波に対応させる場合はパルスの立ち上がり(または立ち下がり)時間の逆数の周波数が考慮される。パルス電流の立ち上がり時間が約 4 ナノ秒であるので、その逆数は 250 MHz であり、十分高周波であるので、図2から、ワイヤ電圧は張力によって減少することになる。

【0027】【実施例3】図6は本発明の第3実施例を示す図5の実験結果を基に、CMOS ICチップ10の中の2個のインバータ Q_1 、 Q_2 に R 、 C を接続してマルチバイブレータを構成し、CMOSインバータのスイッチング時に発生する電源ラインの鋭いパルス電流をアモルファスワイヤ11に通電する方式の高感度応力検出装置の構成図であり、図7にその高感度応力検出装置(応力センサ)の応力検出の結果を示している。

【0028】アモルファスワイヤ11の誘起パルス電圧は、ショットキーバリアダイオードSBD13をバッファとして、RCピークホールド回路14で直流電圧 E_{out} に出力電圧として変換している。因みに、ICチップ10は74AC04、 R は $20\text{ K}\Omega$ 、 C は 100 pF 、 R_1 は 10Ω 、 C_1 は 1000 pF 、 R_2 は $510\text{ k}\Omega$ である。

【0029】発振周波数 14.35 MHz 、パルス幅 14 ナノ秒、パルス電流高さ 30 mA とした場合、荷重 1 g で出力電圧 E_{out} は 15% 減少しており、この応力センサのゲージ率は約 960 であり、半導体ストレインゲージのゲージ率 200 の約 5 倍近い値である。 FeCoSiB ワイヤをヘッドとした場合は、ゲージ率は約 170 程度であるが、応力検出特性は高い線形性を示し、ダイナミックレンジは 6 g (82 MPa)と広がっている。

【0030】【実施例4】図8は本発明の第4実施例を示す直径 $30\text{ }\mu\text{m}$ の CoSiB アモルファスワイヤ22を厚さ 0.2 mm の石英ガラスダイアフラム21上にスパイラル形状にアラルダイトで接着させた圧力センサの構成図、図9はその圧力センサの応力検出特性図である。

【0031】厚さ 0.2 mm の石英ガラスダイアフラム21上のアモルファスワイヤ22の検波電圧は差動アンプ23に入力し、零点補償を行っている。 50 MPa までの空気圧力を、図9に示すように、ほぼ線形に検出している。なお、24はアモルファスワイヤ22に接続される交流電源、25は交流電流の振幅を一定にするため

の内部抵抗 R_0 であり、アモルファスワイヤ22の検波電圧は、ショットキーバリアダイオードSBD26をバッファとして、RCピークホールド回路27で直流電圧として変換している。

【0032】〔実施例5〕図10は本発明の第5実施例を示す石英ガラスダイアフラム31に、スパッタ装置を用いて $Fe_{0.8}Co_{1.2}B_{2.0}$ のアモルファス磁歪膜を厚さ2.5 μm 厚さに形成し、ウェットエッチングにより幅1mmのジグザクコイル形状のアモルファス薄膜パターン(SI素子)32を作製した高感度応力検出装置(応力センサ)の構成図、図11は本発明の第5実施例を示す高感度応力検出装置(応力センサ)の応力検出の結果を示す図である。

【0033】このSI素子は直流100mAを通電した状態で、250℃、1時間のアニールを大気中に行い、パターン幅方向に磁気異方性を誘導させた。石英ガラスダイアフラム31の縁を外径30mmの円管に接着して圧力を印加すると、縁近傍領域Aと中央部領域Bの半径方向の応力は互いに逆になる。すなわち、SIヘッドの裏面から正の圧力が印加されると、縁近傍領域Aでは圧縮力、中央部領域Bでは張力が発生し、負圧力ではその逆の応力が発生する。

【0034】この関係に着目し、縁近傍領域Aおよび中央部領域BのそれぞれのSIパターンに半値幅約5ナノ秒のパルス電流を印加して、表皮効果を生じさせ、縁近傍領域A、中央部領域Bの誘起パルス電圧をそれぞれショットキーバリアダイオードSBD33、34と、 R_0 、Cのピークホールド回路35、36で直流電圧に変換し、差動アンプ37に入力させる。

【0035】この差動アンプ37の出力電圧Vは、圧力Pが零の時、零になるよう可変抵抗器VR38で調整する。圧力Pが印加されると、縁近傍領域A、中央部領域Bのインピーダンスは互いに逆方向に変化するので、圧力Pに比例した出力電圧Vが得られる。SIに印加するパルス電流は、CMOSインバータ Q_1 、 Q_2 と、R、Cによるマルチバイブレータ出力電圧の微分パルス電圧を印加することによって与えられる。

【0036】第3実施例(図7)と同様に、水圧を検出した結果、感度はアモルファスワイヤの場合の約5分の1であるが、安定な検出ができることが分かった。アモルファスワイヤの場合に比べて、接着の問題がない点有利である。なお、本発明は上記実施例に限定されるものではなく、本発明の趣旨に基づいて種々の変形が可能であり、これらを本発明の範囲から排除するものではない。

【0037】

【発明の効果】以上、詳細に説明したように、本発明によれば、以下のような効果を奏することができる。

(1) 力学量センサヘッドのマイクロ化および高感度・高速応答化を実現することができる、つまり、ゲージ率

が高く、応力に対して敏感に反応する高感度応力検出装置を提供することができる。

【0038】すなわち、種々の高感度・高速応答のマイクロ寸法応力センサが構成され、従来検出が困難であった微小な張力、圧縮力、圧力、トルク、衝撃力、気体や液体の流速、流量、衝撃波、地震波、重力分布、機械振動などを容易に検出することができる。特に、アモルファス磁歪リボンやアモルファススパッタ磁歪厚膜、アモルファスメッキ磁歪膜などでも、表皮効果を生じさせることにより、顕著に応力検出を行うことができる。

【0039】(2) SI素子をCMOSマルチバイブレータなどの半導体回路と組み合わせ、ハイブリッド集積回路(HIC)技術などでチップ化し、人やロボットの腕、手、指関節などに固定することにより、バーチャリアリティ(VR)や義手の高性能化、自立ロボットの構成などの多くの先端メカニカル技術を飛躍的に発展させることができる。

【0040】(3) アモルファス磁歪ワイヤで人工触覚センサなどのマイクロ応力センサを構成して、マイクロマシンに結合させることにより、これまでの自立性のなかったマイクロマシンの知能化を実現し、人工昆虫などの新技術に貢献することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例を示す高感度応力検出装置とその回路図である。

【図2】本発明の第1実施例を示す高感度応力検出装置の応力による電圧振幅変化の周波数特性図(その1)である。

【図3】本発明の第1実施例を示す高感度応力検出装置の応力による電圧振幅変化の周波数特性図(その2)である。

【図4】図3で用いたアモルファスワイヤの電圧がワイヤ長さ方向の外乱直流磁界で受ける影響を調べた結果を示す図である。

【図5】本発明の第2実施例を示すパルス通電におけるCoSiBアモルファスワイヤ電圧の張力特性図である。

【図6】本発明の第3実施例を示すCMOSICチップの中の2個のインバータにR、Cを接続してマルチバイブレータを構成し、CMOSインバータのスイッチング時に発生する電源ラインの鋭いパルス電流をアモルファスワイヤに通電する方式を示す高感度応力検出装置の構成図である。

【図7】本発明の第3実施例を示す高感度応力検出装置(応力センサ)の応力検出の結果を示す図である。

【図8】本発明の第4実施例を示す直径30 μm のCoSiBアモルファスワイヤを厚さ0.2mmの石英ガラスダイアフラム上にスパイラル形状にアルライトで接着させた高感度応力検出装置(応力センサ)の構成図である。

【図9】本発明の第4実施例を示す高感度応力検出装置（応力センサ）の応力検出の結果を示す図である。

【図10】本発明の第5実施例を示す石英ガラスダイアフラムに、スパッタ装置を用いて $\text{Fe}_{50}\text{Co}_{50}\text{B}_{20}$ のアモルファス磁歪膜を厚さ $2.5\mu\text{m}$ 厚さに形成し、ウェットエッチングにより幅 1mm のジグザクコイル形状のアモルファス薄膜パターン（S I素子）を作製した高感度応力検出装置（応力センサ）の構成図である。

【図11】本発明の第5実施例を示す高感度応力検出装置（応力センサ）の応力検出の結果を示す図である。

【符号の説明】

1, 1', 2 2 アモルファスワイヤ

2 正弦波交流電源

3, 25 負荷抵抗

10 CMOS ICチップ

13, 26, 33, 34 ショッキキーバリアダイオードSBD

14, 27, 35, 36 RCピークホールド回路

21, 31 石英ガラスダイアフラム

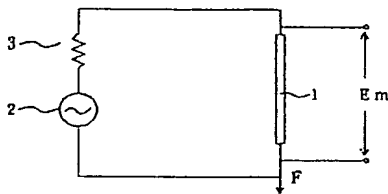
23, 37 差動アンプ

24 交流電源

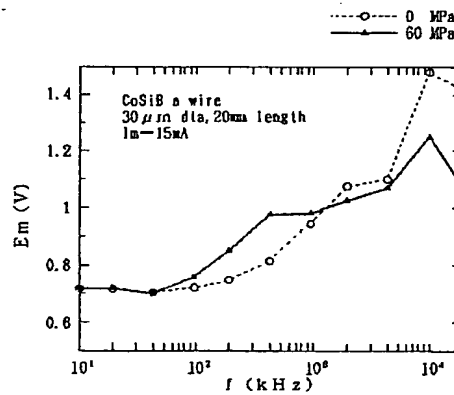
10 32 アモルファス薄膜パターン

38 可変抵抗器VR

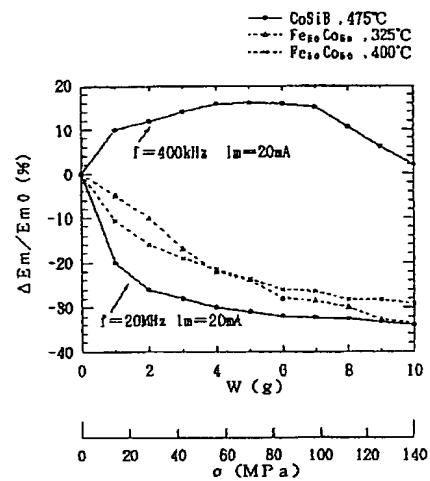
【図1】



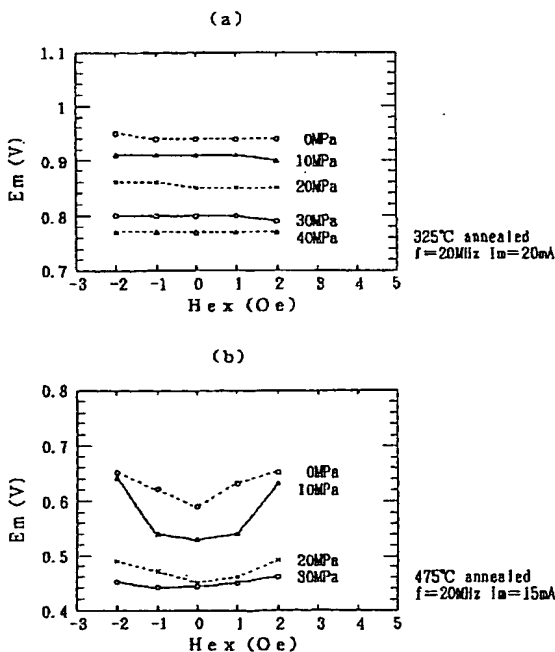
【図2】



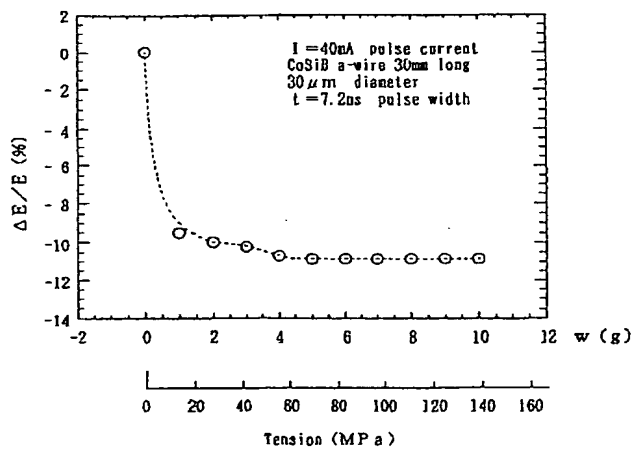
【図3】



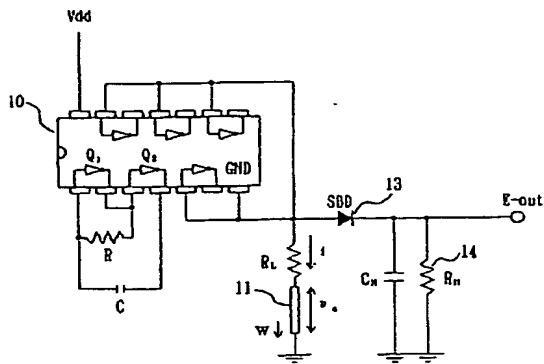
【図4】



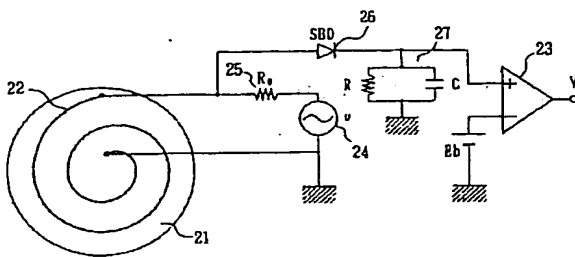
【図5】



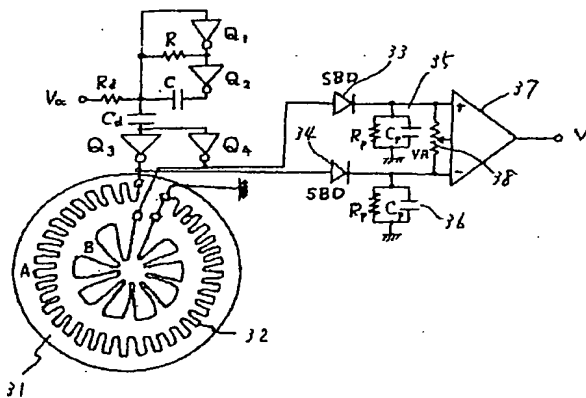
【図6】



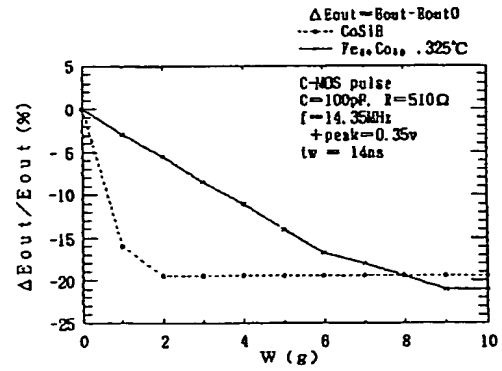
【図8】



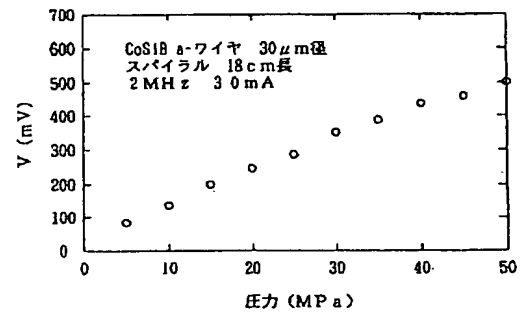
【図10】



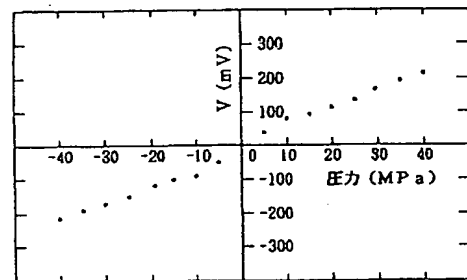
【図7】



【図9】



【図11】



THIS PAGE BLANK (USPTO)